

Isolines – current view of a traditional cartographic method

Izolínie – současný pohled na klasickou kartografickou metodu

Radek DUŠEK

Ostravská univerzita v Ostravě, radek.dusek@osu.cz

Abstract

A new approach to the isolines method is presented. The isolines are defined as a very specific cartographic visualization method. Unlike other methods the isolines method enables not only to display the geographic data but also to generate new data. This fact should be taken into account when selecting the visualization methods. Dangers posed by the application of isolines are defined in context of the present and future geoinformation technology level. Graphical representation of isolines accuracy is discussed. It is recommended to use the proven methods and procedures for relief representation and visualization of other geographic data types.

Other themes handled: definition, terminology and relations between isolines and other cartographic methods.

Keywords: isolines, isarithms, isopleths, cartographic method, accuracy

Klíčová slova: izolínie, pseudoizolínie, kartografické metody, přesnost, vizualizace

1. Úvod

Aby studium jedné ze základních kartografických metod, která je používána již několik století, přineslo nové poznatky, musí buď existovat témata, která dosud nebyla zkoumána, nebo musely v používání metody nastat změny, které s sebou nová témata přináší. Cílem příspěvku je upozornit jak na témata dosud neřešená, tak na nová témata, daná vývojem v kartografii.

2. Definice

Nejčastěji jsou izolínie definovány jako „čáry spojující body o stejné hodnotě nějakého jevu“. S touto definicí je možné se setkat i v základním českém terminologickém díle z oblasti kartografie, v Terminologickém slovníku geodézie, kartografie a katastra (1998). Definice ve všeobecnosti charakterizuje izolínie, ale pro jednoznačné stanovení toho, co jsou izolínie, není vhodná. Vcelku snadno lze nalézt čáru, která splňuje definici a přitom není izolínií. Na příkladu topografické plochy je možné si představit dva vrcholy o stejné nadmořské výšce a úsečku, která oba vrcholy spojuje. Tato úsečka spojuje body o stejné nadmořské výšce, ale rozhodně to není izolínie. Nedostatky v běžně užívané definici se snaží odstranit Čapek a kol. (1992), který uvádí: „Izolínie jsou čáry spojující **sousedící** body o stejné hodnotě nějakého jevu“. Tato definice naznačuje podstatnou vlastnost, kterou neuvádí běžně užívaná definice, a sice to, že stejná hodnota jevu se vztahuje ke všem bodům izolínie. I přesto není ani tato definice vhodná, protože v případě sousedících bodů je problematické jejich spojování čárou.

Nabízí se zcela prostá a výstižná definice: „izolínie je čára **tvořená** body o stejné hodnotě nějakého jevu“.

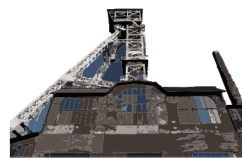
3. Specifika izolínií jako kartografické metody

3.1. Vznik nových dat

Přesto, že jsou izolínie užívány již několik století a je jim věnována pozornost prakticky v každé kartografické literatuře, nikde dosud nebyl konstatován zásadní rozdíl, který odlišuje metodu izolínií od všech ostatních kartografických metod. Rozdíl spočívá v tom, že izolínie nejen geografická data zobrazují, ale při této metodě zároveň nová data vznikají. Žádná jiná metoda při vizualizaci dat neprodukuje nová data. Kartodiagram, kartogram, metoda teček nebo jiná kartografická metoda zobrazuje vždy pouze daná, vstupní data. Izolínie naproti tomu do mapy zobrazují nová data, kterých je mnohonásobně více (všechny body na izolíniích) než dat zadaných, vstupních (několik jednotlivých bodů). Poměr nových a zadaných dat a tím i míru nárůstu informací v mapě je možné snadno vyjádřit u rastrového modelu jako poměr počtu buněk „vypočtených“ a zadaných. V případě vektorového modelu by bylo nutné dosti složitě určovat míru entropie (Hojovec a kol. 1987). V každém případě je nových dat mnohonásobně („mnohořádově“) více než dat původních.

Z hlediska vytváření nových dat i s ohledem na dále zmiňovanou přesnost je možné původ izolínií rozdělit do několika skupin:

- A. izolínie vznikají přímou kresbou linií bez použití výpočetních metod – specifický případ, který se týká pouze analogového vyhodnocování fotogrammetrických snímků,



B. izolinie vznikají jako množiny bodů vzniklých výpočtem a graficky vyjadřují jednu z následujících situací:

- izolinie znázorňují průběh explicitně dané funkce – v tomto případě je možné každý bod izolinie vypočítat s libovolnou přesností; jedná se například o konstrukci ekvidformát nebo ekvidistant. Specifickým případem je výpočet přesnosti izolinií uváděný dále,
- izolinie vyjadřují průběh plochy, která existuje jako fyzikální objekt a je v rámci mapování stálá – izolinie vznikají z bodů, které je možné na objektu vhodně rozmístit, možná je následná nezávislá kontrola výsledných izolinií, např. zaměřením profilu, případně doplnění bodů v problematických místech. Klasickým reprezentantem je topografická plocha a její mapování a dále např. globální tíhové nebo magnetické pole Země a řada dalších,
- izolinie zachycují okamžitý stav spojitěho jevu – rozložení jevu v prostoru není předem detailně známo, ale předpokládá se jeho spojitě rozložení. Body, ve kterých probíhá měření hodnot, nejsou na průběh jevu přímo vázány, není možná následná kontrola či zpřesňování průběhu izolinií. Příkladem jsou meteorologické prvky, ale mohou to být i změny jevů spadajících do předchozího bodu, případně další jevy prezentované statistickými plochami,
- izolinie jsou použity pro nespojitě jevy – jedná se převážně o jevy vztahované k plochám (např. hustota obyvatelstva), případně o další nespojitě jevy. V tomto případě jde o nevhodné použití metody, případ je podrobně rozebrán dále (kap. 3.).

Je zřejmé, že pro případy spadající pod body A. a Ba. nenastává výše popsaná situace a nedochází ke vzniku nových dat, ale zároveň je zřejmé, že tyto způsoby využití izolinií jsou oproti ostatním případům málo časté. Je tedy možné metodu izolinií označit za metodu, která do mapy přidává nové informace.

3.2. Přesnost metody

Se vznikem nových dat je úzce spojeno i druhé specifikum izolinií a to je jejich přesnost, resp. možnost tuto přesnost zjišťovat. V případě kartogramu nebo kartodiagramu je po volbě vhodné stupnice hodnota jevu jednoznačně podle této stupnice zobrazena. Může hrát roli vhodnost stupnice nebo grafické metody, ale v rámci dnešních grafických možností nemá smysl se ptát, jak přesně jsou znázorněny hodnoty (jiná otázka je, jak

přesně dokáže uživatel hodnoty vnímat, odečítat). U izolinií je ovšem situace zcela jiná a přesnost zde hraje významnou roli. Přesnost znázornění hodnot pomocí izolinií je možné uvažovat ve dvou směrech. Prvním směrem je vhodnost konkrétních interpolačních metod pro daná data. Přesnost v tomto smyslu je hojně diskutována a podrobně teoreticky rozebírána, pro její zjišťování se z daných dat volí kontrolní body, ty nevstupují do interpolace a slouží pro odhad přesnosti interpolace. Tato oblast se dotýká i kartografie, ale těžištěm spadá do geostatistiky a není obsahem tohoto příspěvku.

Druhým směrem je zcela opomíjená skutečnost, že i v případě vhodně zvolené interpolační metody je většina bodů vypočtena z relativně malého počtu vstupních hodnot (výjimkou jsou opět případy popsané pod A. a Ba.). Přesnost jednotlivých podrobných bodů, ze kterých jsou izolinie tvořeny, je různá a závisí na počtu a rozložení vstupních dat, na jejich přesnosti a na použité interpolační metodě. Vzhledem k tomu, že v současnosti probíhá interpolace prakticky výhradně numericky, je snadné na základě zákona přenášení chyb pro jednotlivé podrobné body tuto přesnost vypočítat.

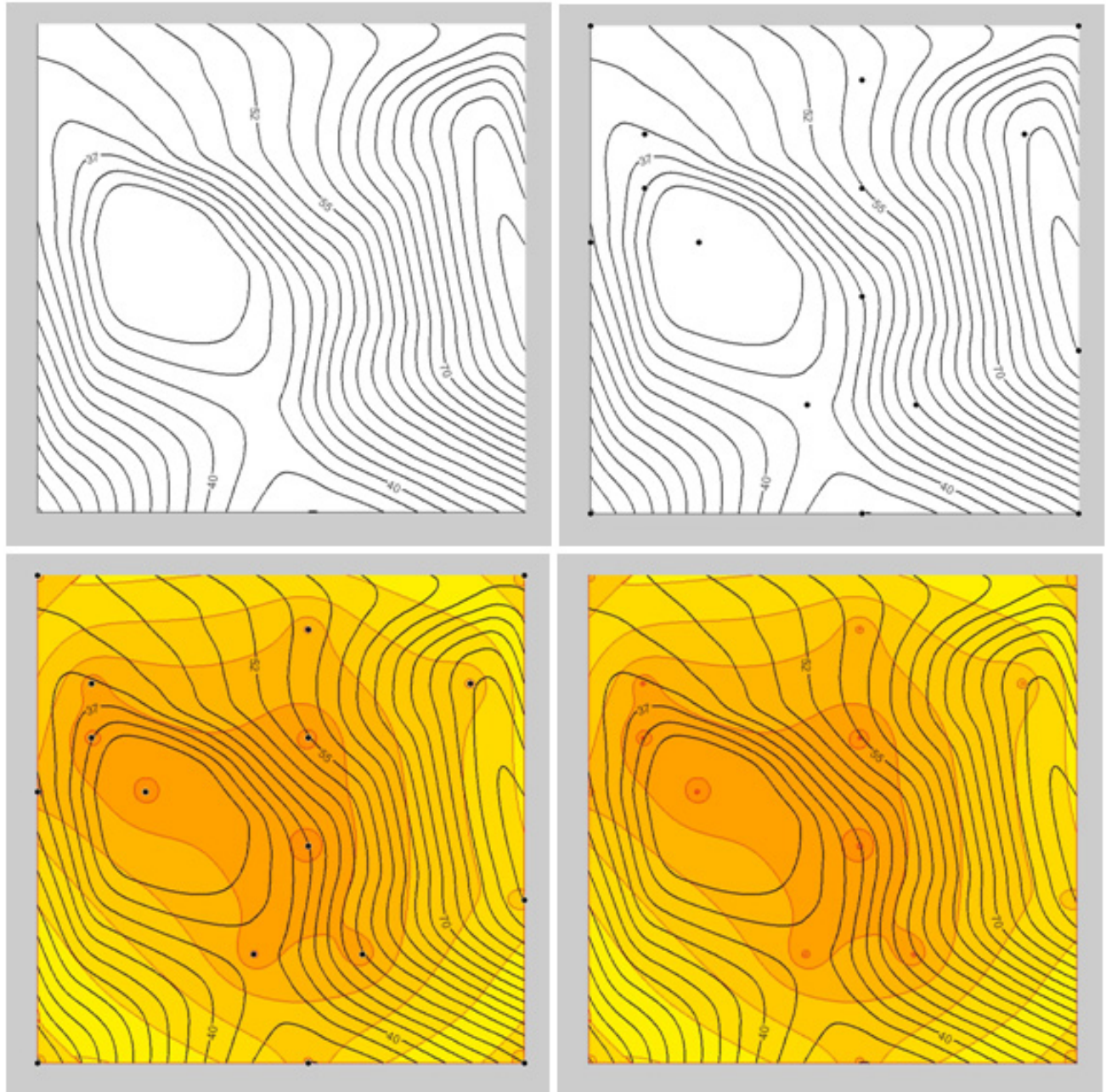
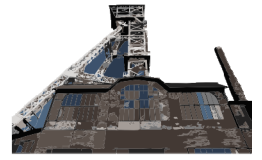
Úkolem kartografie by proto měla být nejen vizualizace izolinií, ale i stanovení metod pro vyjádření jejich přesnosti. Nejjednodušší způsob pro znázornění přesnosti izolinií jsou zase izolinie.

Příklad je uveden na obr. 1. První část obrázku zachycuje prosté grafické znázornění modelové statistické plochy pomocí izolinií. Z obrázku není možné nijak usuzovat na přesnost metody.

Druhá část obrázku s vyznačenými vstupními body pro interpolaci poskytuje již určitou představu o přesnosti – čím blíže daným bodům, tím větší přesnost. Ale i přes poměrně jednoduchou metodu interpolace (metoda inverzních vzdáleností) není informace dostatečně vypovídající.

Třetí obrázek vedle kresby izolinií vyjadřujících průběh jevu obsahuje i izolinie, resp. barevné vrstvy, které udávají prostorové rozložení přesnosti výpočtu izolinií. Z obrázku je možné získat jasnou představu o spolehlivosti linií v daném místě. Čtvrtá část obrázku ukazuje stejnou situaci s vynecháním daných bodů.

Tento způsob vyjadřování přesnosti má jednu základní výhodu a jednu podstatnou nevýhodu. Výhodou je použití snadné a dostupné metody, tedy izolinií. Nevýhodou je značné zaplnění mapy. Pokud mají být původní izolinie např. doplněny polohopisem, je použití dalších linií na úkor čitelnosti a přehlednosti mapy.



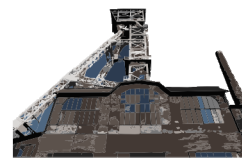
Obr. 1 Znázornění přesnosti izolinií – podrobný popis v textu

Teoreticky je pro vyjádření přesnosti izolinií možné použít i jiné metody, které tolik mapu nezatíží, ale nevýhodou je, že tyto metody zatím neobsahují software pro tvorbu map. Principem metod je vyznačování úseků podle přesnosti přímo na izolinie. Může se jednat o tyto metody:

1. využití barev – vzhledem k malé šířce linií není prakticky možné použít klasickou barevnou škálu čím větší hodnota tím tmavší. Aby bylo možné

úseky různé přesnosti odlišit, je nutné volit různé tóny barev (obr. 2 vlevo),

2. využití šířky linií – přesnost úseku je dána šířkou linie dle zvolené stupnice (obr. 2 vpravo),
3. využití jiných grafických prvků – linie mohou být doplněny např. příčnými úsečkami, tečkami nebo trojúhelníky a hustota těchto prvků, resp. jejich vzájemná odlehlost, určuje přesnost daného úseku linie. Obdobně může být samotná linie tvořena grafickými prvky (čárkovaná, tečkovaná) a vzdálenost prvků odpovídá přesnosti.



Obr. 2 Ukázka možností grafického vyjádření přesnosti izolinií.

Uvedené tři metody, které by mohly být alternativou k plošné metodě prezentované na obr. 1, jsou zatím pouhými návrhy, jejich praktické použití je nutné ověřit na konkrétních příkladech.

Přesto, že způsob znázorňování přesnosti izolinií není dosud běžně používán, je možné se s náznakem této metody setkat v jejím ryze praktickém provedení. Nejpracovnější postupy při využívání izolinií byly vyvinuty v rámci zobrazování nadmořských výšek pomocí vrstevnic. Nepřekvapuje proto, že právě v případě vrstevnic je definován způsob, jak vyjádřit oblast s nepřesně stanovenými výškami. Jedná se o pomocné vrstevnice, které jsou kreslené krátce čárkovaně, používají se v oblastech s nestálým terénem (sesuvy, poddolované území apod.) a jak uvádí Císař a kol., 1970: „mají význam jen hrubě informativní“.

4. Nevhodné používání izolinií

Ve zjednodušení je možné si izolinie představit jako průsečnice vodorovných rovin s plochou, která reprezentuje hodnotu jevu v jednotlivých bodech roviny. Aby mělo smysl izolinie používat, musí znázorňovaná plocha splňovat několik požadavků. Tím základním je spojitost. Nejedná se o přísnou a jednoznačně definovanou spojitost v matematickém smyslu, spíše o všeobecně plynulý a hladký průběh plochy. Druhým požadavkem je, aby hodnoty jevu nabývaly různých hodnot. Vodorovná rovina je zajiště spojitá, ale pro metodu izolinií nevhodná. Je proto absurdní a zcela chybné používat izolinie pro vyjádření jevů, které jsou reprezentovány soubory nespojitých vodorovných ploch. Typickým příkladem takového jevu je hustota obyvatelstva, případně další hustoty vztahované k stanoveným plochám. Je překvapující, že nesprávné používání izolinií pro nespojité jevy nejen, že není všeobecně přijímáno, ale tento postup je dokonce v mnohých publikacích uváděn a doporučován. Všeobecně známý a v různých variantách často uváděný je obr. 3, který ukazuje stejná data znázorněná kartogramem a spojitou plochou, která je posléze reprezentována izoliniemi. V anglické literatuře se

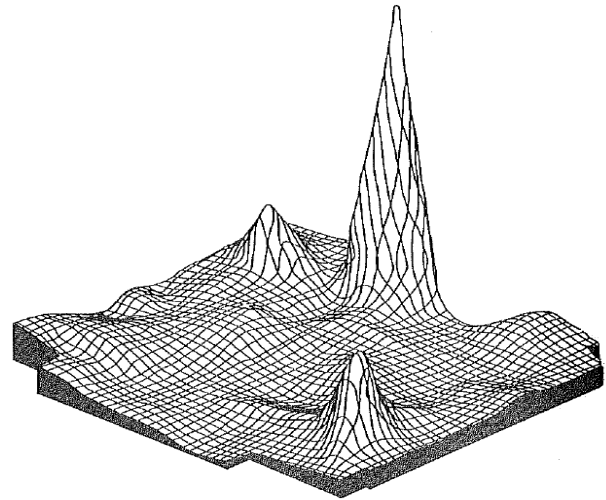
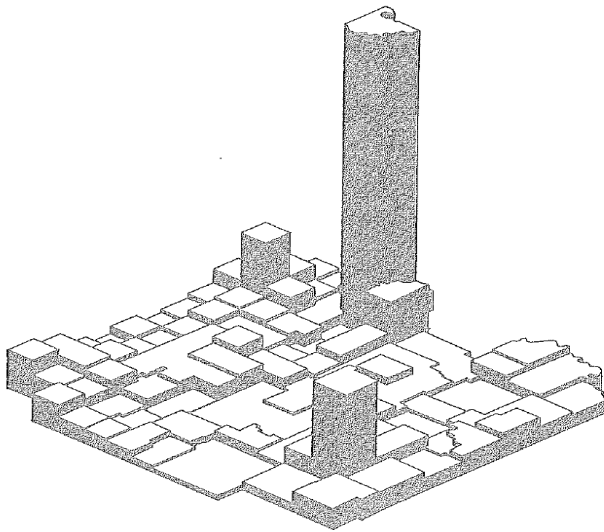
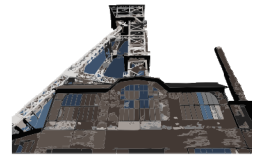
odlišují dva druhy izolinií **izaritmy** (isarithms, isarithmic map), které znázorňují spojité jevy, a **izoplety** (isopleths, isoplethic map), které znázorňují jevy vztahované k ploše (např. Slocum a kol. 2005 nebo Robinson a kol. 1995).

Obdobně se v české terminologii odlišují izolinie pravé a nepravé, resp. izolinie a pseudoizolinie. Základním cílem kartografické vizualizace by mělo být graficky znázorňovat geografická data tak, aby mohla být uživatelem snadno „odečtena“ a interpretována. Je proto obtížně obhajitelná metoda, která v celé ploše mapy udává pro jev jiné hodnoty, než jakých ve skutečnosti nabývá. S výjimkou ojedinělých bodů, ke kterým jsou vztaheny hodnoty hustot v jednotlivých plochách, jsou všechny ostatní body znázorněny chybně. Přesto, že ve výjimečných případech se někteří autoři snaží postihnout přesnost pseudoizolinií (Hsu, Robinson 1970) je principiálně nesmyslné tuto otázku nastolovat, resp. je velmi snadné tuto přesnost zjistit jako rozdíl skutečné hodnoty a hodnoty vypočtené, ale velikost těchto rozdílů je značná a může běžně dosahovat několika intervalů izolinií.

I přesto, že pouze někteří kartografové jednoznačně odmítají používání pseudoizolinií (např. Čapek a kol. 1992, Montello, Gray 2005) je nanejvýš žádoucí se této metodě vyhýbat. Toto doporučení je na místě zejména v souvislosti se současnými možnostmi vytváření izolinií z prakticky libovolných dat a se současnými trendy v oblasti tematické kartografie, kdy grafické efekty mnohdy převládají nad snahou o objektivní znázorňování dat (Dušek 2009).

5. Závěr

Problematika izolinií není ani po staletí používání vyčerpána. Vedle výše uvedených skutečností, které zdaleka nejsou dořešeny do konce, existuje ještě řada nevyřešených otázek týkajících se historie, terminologie, praktických způsobů používání, spojitosti znázorňované plochy, izoploch, jako prostorového ekvivalentu izolinií, a dalších oblastí.



Obr. 3 Stejná data znázorněná kartogramem a spojitou statistickou plochou

Zdroj: (Robinson a kol. 1995, str. 496)

Použité zdroje:

CÍSAŘ, J. a kol. (1970): Mapování. Kartografické nakladatelství, Praha, 496 str.

ČAPEK, R. a kol. (1992): Geografická kartografie. SPN, Praha, 373 str.

DUŠEK, R. (2009): Vliv prostorových efektů na vnímání hodnot kruhových diagramů. Kartografické listy, č. 17, s. 64–71

HOJOVEC, V. a kol. (1987): Kartografie. GKP, Praha, 660 str.

HSU M.-L., ROBINSON, A., H., (1970): The Fidelity of Isopleth Maps: An Experimental Study. University of Minnesota Press, St. Paul, 92 str.

MONTELLO, D., R., GRAY, V., M. (2005): Miscommunicating With Isolines: Design Principles for Thematic Maps. Cartographic Perspectives, Winter 2005, č. 50, s. 10–19

ROBINSON, A., H. a kol. (1995): Elements of cartography. John Wiley & Sons, New York, 674 str.

SLOCUM, T., A. a kol. (2005): Thematic Cartography and Geographic Visualization. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J., 518 str.

Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra (1998), Úrad geodézie kartografie a katastra SR, Bratislava, 536 str.

Adresa autora:

Ing. Radek Dušek, Ph.D.
Katedra fyzické geografie a geoekologie
Přírodovědecká fakulta
Ostravská univerzita v Ostravě
Chittussiho 10
701 03 Ostrava
radek.dusek@osu.cz